

Andrzej BOROWY¹⁾, Zdzisław HARABIN²⁾

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA OSADÓW CELULOZOWYCH DO REKULTYWACJI GRUNTÓW BEZGLEBOWYCH

POSSIBILITIES OF CELLULOSE SLEDGES USE TO THE SOIL-LESS GROUNDS RECLAMATION

¹⁾ Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie

¹⁾ Institute of Building, Mechanization and Electrification of Agriculture in Warsaw

²⁾ Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrze

²⁾ PAS Institute of Environment Engineering Basics in Zabrze

Streszczenie

Autorzy w prezentowanej pracy omawiają niektóre właściwości fizykochemiczne i helmintologiczne osadów celulozowych pochodzących z Warszawskich Zakładów Papierniczych S.A. w Konstancinie –Jeziorna. Osady charakteryzują się zdecydowanie niską zawartością metali ciężkich: Ni [4,2/kg s.m.], Pb [23,3 mg/kg s.m.], Cu [44,8 mg/kg s.m.], Cd [1,4 mg/kg s.m.], Zn [91,6 mg/kg s.m.], Cr [42,0 mg/kg s.m.], a także nieobecnością w nich jaj pasożytów jelitowych. Ponadto osady wykazały większe wartości lepkości plastycznej aniżeli osady ściekowe. W artykule przedstawiono istniejące możliwości wykorzystania osadów do rekultywacji różnego rodzaju nieużytków przemysłowych, w tym do stabilizacji utworów luźnych m.in. składowisk popiołów energetycznych oraz osadników po flotacji rud cynku i ołowiu. Próby praktyczne dowiodły, że osady mogą być również doskonałym materiałem stabilizującym i izolującym eksploatowane składowiska odpadów komunalnych. Ze względu na ich korzystne właściwości fizykochemiczne i helmintologiczne mogą znaleźć zastosowanie do rolniczego użyczenia gleb.

Summary

The authors of presented elaboration discuss some physical, chemical and helminthologic features of cellulosed residues coming from Warszawskie Zakłady Papiernicze S.A. in Konstancin-Jeziorna (Warsaw Papermaking Factory S.A.). The residues are characterized by the definitely low contents of heavy metals: Ni [4,2 mg/kg s.m.], Pb [23,3

mg/kg s.m.], Cu [44,8 mg/kg s.m.], Cd [1,4 mg/kg s.m.], Zn [91,6 mg/kg s.m.], Cr [42,0 mg/kg s.m.] as well absence of endoparasite. Moreover, residues showed the higher values of plastic than the sewage residues. The article presents possibilities of residues use for reclamation of industrial wastes, including stabilization of loose areas, e.g. power ash yards as well as residues after floatation of zinc and lead ores. Practical tests proved that these residues can be also an excellent material stabilizing and isolating of exploited communal waste yards. Considering their advantageous physical and chemical properties as well as helminthologic ones can be applied for agricultural ground enrichment.

1. WPROWADZENIE

Coraz powszechniejszy staje się pogląd, że kluczową kwestią w zakresie szeroko pojętej ochrony środowiska przyrodniczego, głównie ochrony powierzchni ziemi jest najprościej ujmując-właściwa gospodarka odpadami.

Jedną z dróg ograniczenia destrukcyjnego oddziaływania odpadów na środowisko jest ich racjonalne wykorzystanie m.in. do rekultywacji gruntów zniekształconych. Mimo, że proces ten w ostatnich latach nabral znacznego przyśpieszenia, to jednak upowszechnia się opinia, iż podejmowane działania na rzecz utylizacji odpadów do określonych celów są jeszcze niewystarczające. Dowodem potwierdzającym w jakimś stopniu ten fakt są osady celulozowe, które jak dotąd pozostają w cieniu praktycznych zainteresowań. Warto przypomnieć, że w kraju przy produkcji masy celulozowej, papieru i tektury powstaje około 1,7 mln ton odpadów, z czego ponad 720 tys. ton jest składanych [GUS, 2000]. Dojrzała więc sytuacja, aby problem wykorzystania tego rodzaju odpadów do różnych, stosownych prac rekultywacyjnych nieco przybliżyć.

2. MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Osady celulozowe pochodziły z Warszawskich Zakładów Papierniczych S.A. Konstancin-Jeziorna, które wytwarzają rocznie około 3 tys. ton odpadów. Ścieki z wydziałów produkcyjnych poddawane są sedymentacji w osadnikach Dorra, a następnie odwadniane na prasie.

W pobranych próbkach osadów oznaczono [Nechay, Kaźmierczuk, 1997] zawartość:

- pH- elektrometrycznie, przy użyciu elektrody szklanej,
- suchej masy (wysuszenie próbki w temp. 105⁰C przez 12 h),
- materii organicznej (ubytek masy osadu w efekcie wyzarzenia w temperaturze 450⁰C przez 4 h),
- azotu-metodą Kjeldahla,
- fosforu - kolorymetrycznie,
- metali ciężkich (cynku, chromu, kadmu, niklu, miedzi, ołowiu) sposobem płomieniowym AAS,

- wykonanie badań helmintologicznych- określenie wskaźnika ATT (suma żywych jaj *Ascaris* sp. *Tichuris* sp. *Toxocara* sp. w 1kg s.m. osadu)

W celu identyfikacji osadów przeprowadzono badania na wiskozymetrze rurowym i rotacyjnym dla 4 koncentracji wagowych C_s , które pozwoliły wyznaczyć:

- straty hydrauliczne w zależności od koncentracji suchego składnika C_s , w zakresie stosowanych prędkości przepływu,
- metodą analityczną określenie modelu reologicznego oraz parametrów reologicznych tj τ , τ_0 , η_{ae} , n , k , w zależności od prędkości deformacji G_p ,

Autorzy za [Czabanem, 1987] i [Jeż-Walkowiak, Sozańskim, 1993] określili parametry reologiczne mieszanin na podstawie rzeczywistych krzywych płynięcia, uzyskanych wcześniej bez przyjęcia jakiegokolwiek modelu reologicznego. Całość obliczeń była wykonana z wykorzystaniem elektronicznej techniki obliczeniowej.

Określenia strat hydraulicznych w poziomych rurociągach dokonano w oparciu o bezwymiarowe kryterium $\lambda=f(Re_{gen})$, gdzie λ jest bezwymiarowym współczynnikiem oporu rur z klasycznego wzoru Darcy-Weisbacha.

3. NIEKTÓRE WŁAŚCIWOŚCI FIZYKO-CHEMICZNE I REOLOGICZNE OSADÓW

Osady celulozowe są to w większości homogeniczne hydromieszanki zawierające cząstki stałe mineralne i organiczne frakcji koloidalnych, podkoloidalnych i drobnodispersyjnych oraz makrocząsteczki. Obecność tych cząstek i makrocząstek w osadach prowadzi do utworzenia struktury wewnętrznej, od której zależą w pierwszej mierze właściwości hydrauliczne i reologiczne osadów.

TABELA 1.

Wyniki badań chemicznych i helmintologicznych

Lp	Oznaczenia	Jednostki	Osad z osadnika Dorra odwodniony na prasie	Dopuszczalne stężenie metali ciężkich	
				Przeznaczone do wykorzystania rolniczego	Przeznaczone do wykorzystania przyrodniczego
1	Odczyn	pH	7.7	—	—
2	Sucha masa	g/kg	214	—	—
3	Uwodnienie	%	78.6	—	—
4	Substancje mineralne	% s.m.	51.5	—	—
5	Substancje organiczne	% s.m N_{og}	48.5	—	—
6	Azot ogólny	% s.m P_2O_5	2.4	—	—
7	Fosfor ogólny	% s.m	2.4	—	—
8	Nikiel	mg/kg s.m.	4.2	100	200
9	Ołów	mg/kg s.m.	23.3	500	1000
10	Miedź	mg/kg s.m.	44.8	800	1200
11	Kadm	mg/kg s.m.	1.4	10	25
12	Cynk	mg/kg s.m.	91.6	2500	3500
13	Chrom	mg/kg s.m.	42	500	1000
14	Jaja pasożytów jelit.	szt/kg s.m.	nie wykryto	10	300

TABELA 2.

Wyniki badań parametrów reologicznych osadów celulozowych

Koncentracja C_s [%]	ρ [kg/m ³]	η_{ac} [Pas] dla G_p [1/s]	τ_o [Pa]	k_H [Pa*s ⁿ]	n
25,64	1083	7,2971	1,25	7,2971	0,6377
19,55	1064	3,8208	0,47	3,8208	0,5234
10,62	1024	2,2841	0,30	2,2841	0,408
7,37	1015	2,251	0,24	2,251	0,4026

V- średnia prędkość przepływu w rurociągu, [m/s],

 Δ_p - różnica ciśnień [Pa], \dot{G}_p – prędkość deformacji [1/s],k- parametr reologiczny (współczynnik konsystencji) [Pa*sⁿ],

n- parametr reologiczny (indeks płynięcia),

 ρ . gęstość hydromieszanki [kg/m³], C_s - koncentracja wagowa, η_{ac} - lepkość pozorna [Pas], τ – naprężenie ścinające [Pa], τ_o - próg płynięcia [Pa], H_{eH} - liczba Hedströma, λ - współczynnik oporu podczas przepływu cieczy, R_{eH} - uogólniona liczba Reynoldsa dla modelu Herschela-Bulkley'a.

TABELA 3.

Wartości współczynników oporów ruchu dla osadów celulozowych

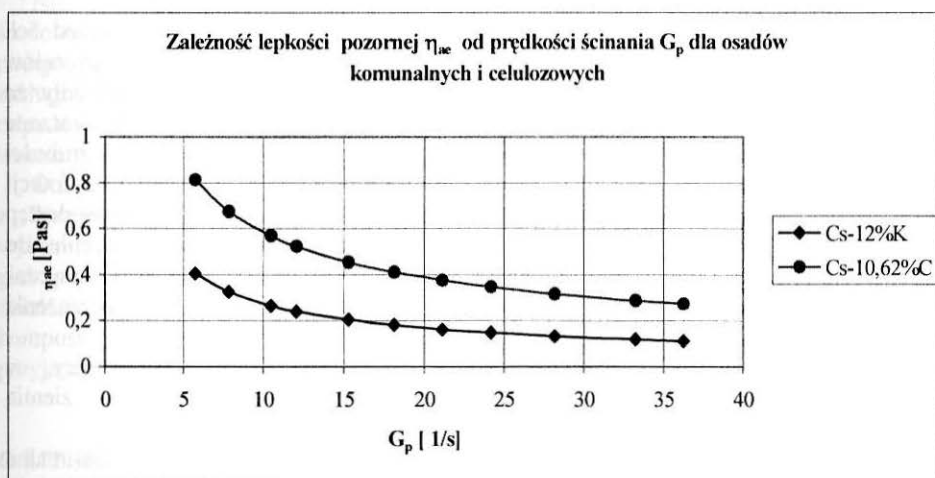
C_s [%]	V[m/s]	R_{eH}	H_e	β	λ
7,37	0,3	460	55	0,002092	0,14157
	0,4	728	78	0,001176	0,08923
	0,6	1393	126	0,000523	0,04658
	0,9	2662	205	0,000232	0,0243
10,62	0,3	444	64	0,002604	0,14708
	0,4	703	90	0,001465	0,09281
	0,6	1340	146	0,000651	0,04852
	0,9	2556	2556	0,000289	0,02538
19,55	0,6	463	26	0,000982	0,01393
	0,9	843	38	0,000436	0,07641
	1	985	42	0,000353	0,06538
	1,2	1289	51	0,000245	0,0499
25,64	1	278	8,9	0,000923	0,23107
	1,1	316	9,58	0,000763	0,2028
	1,2	356	10,2	0,000641	0,1801
	1,3	397	10,8	0,000546	0,1615

Z analizy danych zawartych w tabelach 1 i 2 wynika, że istotny wpływ na parametry reologiczne i hydrauliczne ma uwodnienie osadów (koncentracja wagowa C_s).

Jednocześnie z badaniami osadów celulozowych przeprowadzono w celach porównawczych badania osadów komunalnych z oczyszczalni Pruszków. Wyniki badań przedstawiono na rys.1, dla osadów o zbliżonych koncentracjach wagowych C_s , [Borowy, 2001].

Z przebiegu wykresów $\eta_{ac}=f(G_p)$ wynika, że koncentracja wagowa nie decyduje wyłącznie o wartościach parametrów reologicznych, a przede wszystkim lepkości pozornej η_{ac} : w tym przypadku osady celulozowe o koncentracji wagowej $C_s=10,62\%$ mają większe wartości lepkości pozornej od osadów komunalnych o koncentracji $C_s=12\%$.

Jeśli właściwości reologiczne (lepkość pozorna) charakteryzują zachowanie się osadów w ruchu, to można przyjąć, że korzystniejsze cechy wykazują osady celulozowe, co tym samym preferuje je do praktycznego wykorzystania w procesach rekultywacyjnych.



Rys. 1. Wykres lepkości pozornej dla osadów celulozowych o koncentracji $C_s=10,62\%$ i komunalnych o koncentracji $C_s=12\%$

4. PROPONOWANE SPOSOBY PRAKTYCZNEGO WYKORZYSTANIA OSADÓW

Dotychczasowe wyniki badań i przeprowadzone eksperymenty wykazują [Borowy i in., 1997], [Drolet, Baril, 1997], [Głazewski, 2000], [Gonera, Sadowy, 1996] istnienie realnych możliwości efektywnego wykorzystania osadów celulozowych do rekultywacji gruntów zniekształconych, w tym terenów bezglebowych.

Z ekologicznego punktu widzenia, przyrodnicze zagospodarowanie tego rodzaju osadów powinno zmierzać w następujących, podstawowych kierunkach:

- zwiększenia stabilności utworów podatnych na erozję – głównie wietrzną,
- utrwalania powierzchni składowisk odpadów komunalnych,
- zastosowania przy zadarnianiu metodą hydroobsiewu wysokich i stromych skarp, w tym nasypów drogowych i kolejowych,
- zastosowania do iniekcji systemów korzeniowych drzew i krzewów na gruntach trudnych do rekultywacji,
- wykorzystania jako dodatku do kompostowanej masy osadów ściekowych.

Biorąc pod uwagę analizowane właściwości fizykochemiczne i helmintologiczne badanych osadów celulozowych, najbardziej perspektywnym ich wykorzystaniem będzie stabilizacja gruntów luźnych (sypkich). W pierwszym rzędzie mamy tu na myśli pyłace składowiska popiołów energetycznych, zwłaszcza pyłów dymnicowych usypanych pośród miejsko-przemysłowej zabudowy.

Interesującym rozwiązaniem będzie również stabilizacja przy użyciu osadów powierzchni osadników poflotacyjnych rud cynkowo-ołowiowych, zgrupowanych m.in. w Niece Bytomskiej, które pyłac są niezmiernie uciążliwe dla otoczenia. Dotychczasowe zraszanie ich wodą, niestety daje krótkotrwałe efekty.

Jedną z metod zabezpieczania składowisk odpadów komunalnych przed ich ujemnym oddziaływaniem na środowisko przyrodnicze jest użycie do tych celów osadów celulozowych. Przeprowadzone badania [Gonera, Sadowy, 1996] dowiodły, że tzw. masy wyławiane są doskonałym materiałem stabilizującym i izolującym tworzone wysypiska. Jak podkreślają autorzy, pokrycie odpadów masą osadów o grubości warstwy wynoszącej 6 mm, skutecznie zapobiega wywiewaniu drobnych frakcji odpadów, a jednocześnie eliminuje rozprzestrzenianie się odorów oraz ogranicza dostęp gryzoni, ptaków i insektów. Pomyślnie również przeszło próby urządzenie do nanoszenia mas na powierzchnię odpadów, opracowane przez Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Ekologii Miast w Łodzi, zaś sama metoda stanowi przedmiot zastrzeżenia zgłoszenia patentowego nr P 310508.

Nie bez powodu metodzie tej przypisuje się stosunkowo niskie koszty, w przeciwieństwie do kosztów ponoszonych przy pokrywaniu składowisk ziemią mineralną lub syntetycznymi piankami.

Uwzględniając wykazaną lepkość plastyczną osadów celulozowych, istnieją realne możliwości ich wykorzystania do rekultywacji – przy zastosowaniu metody hydroobsiewu [Głazewski, 2000] – wysokich i stromych zboczy zwałów przemysłowych i obwałowań stawów osadowych i odstojników oraz budowli ziemnych (nasypy i skarpy w drogownictwie i kolejnictwie).

Obecność w osadach znacznej ilości substancji organicznej i mineralnej oraz azotu i fosforu, a także niska zawartość metali ciężkich oraz brak w nich form rozwojowych pasożytów przewodu pokarmowego ludzi i zwierząt, stwarza dogodne warunki do wykorzystania ich jako wsadu m. in. w procesie kompostowania osadów ściekowych.

Inną formą zagospodarowania tego rodzaju odpadów stosują Zakłady Celulozowo-Papiernicze w Świeciu (obecnie Frantschaft Spółka S.A. Świecie), które osady celulozowo-ściekowe zmieszane w proporcji 5:1 przekazują do rolniczego użytkowania gleb. Rocznie do tych celów wykorzystuje się około 3 tys. ton osadów celulozowych.

W perspektywie uzasadnione zainteresowania mogą wzbudzać omawiane osady, w przypadku zadrzewiania i zalesiania utworów wadliwych, w tym gruntów jałowych

pochodzenia antropogenicznego oraz terenów zurbanizowanych. Ich zastosowanie polegać ma na wgłębnym wprowadzaniu osadów w strefę korzeniową, przy użyciu urządzenia do iniekcyjnego spulchniania i użyźniania gruntów [Borowy i in. 1997] lub ręcznym wnoszeniu podsypki osadów w uprzednio przygotowane dołki bądź bruzdy przed wysadzeniem roślin. Zabiegi te nie tylko wzbogacą podłoże w ważne składniki mineralno-organiczne, ale również poprawią jego warunki wilgotnościowe (długie utrzymywanie wilgoci przez osady), co nie jest bez znaczenia dla wprowadzonej roślinności.

W konkluzji można przyjąć, że jakkolwiek trudno przypuszczać, iż ukazujące się publikacje dotyczące osadów celulozowych spowodują zasadniczy przełom w podejściu do problemu ich wykorzystywania w różnego rodzaju pracach rekultywacyjnych, to jednak stale należy przypominać, że taka możliwość istnieje.

5. PODSUMOWANIE

Nie od dziś wiadomo, że zwiększanie się ilości składowanych odpadów w środowisku jest wysoce niekorzystnym zjawiskiem. Toteż wszelkie działania podejmowane na rzecz zmniejszenia obciążenia środowiska uciążliwymi odpadami zasługują na szczególną uwagę. Należy jednak pamiętać, że nie wszystkie rodzaje odpadów, pod względem możliwości ich utylizacji są jednakowo rozpoznane. Jak na to wskazuje, dotyczy to w jakimś stopniu również osadów celulozowych.

Omawiane właściwości fizykochemiczne i helmintologiczne osadów pochodzących z Warszawskich Zakładów Papierniczych w Konstancinie-Jeziorna jednocześnie wykazują, że istnieją duże możliwości ich przyrodniczego stosowania do rekultywacji gleb przekształconych i gruntów bezglebowych, zwłaszcza narażonych na erozyjne działanie wiatru, ulepszania gleb, nawożenia roślin oraz wykorzystania do produkcji kompostu. Bardzo ważnym stwierdzeniem jest, iż osady te nie stanowią zagrożenia dla przyjmującego je środowiska przyrodniczego.

6. LITERATURA

- [1] BOROWY A.: *Metoda określania wybranych parametrów reologicznych hydromieszanin w zastosowaniu inżynierii rolniczej*. Inst. Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie, rozprawa doktorska (maszynopis). Warszawa (2001)
- [2] BOROWY A., Głazewski M., Harabin Z.: *Iniekcja korzeni drzew i krzewów przy zastosowaniu urządzenia do spulchniania i użyźniania podłoża*. III Ogólnopolska Konf. Naukowa pt. „Kompleksowe i szczegółowe problemy inżynierii środowiska”. Pol. Koszalińska. Koszalin-Ustronie Morskie (1997)
- [3] CZABAN S.: *Wyznaczanie parametrów hydrotransportu rurowego reostabilnych mieszanin dwufazowych*. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, nr 60, Rozprawy. Wrocław (1987)
- [4] DROLET J. Y., Baril P.: *A review of constraints and opportunities for the land application of paper mill sludges and residues*. Pulp a. Pap. Can. Vol.98 (1997)

-
- [5] GŁAŻEWSKI M.: *Przeciwerozyjne biologiczne zabezpieczenie skarp metodą hydroobsiewu*. Konf. Naukowo-Techniczna pt. „Tereny zdegradowane-możliwości ich rekultywacji”. Akad. Rol. w Szczecinie. Szczecin (2000)
- [6] GONERA H., Sadowy W.: *Zastosowanie odpadów papierniczych do zabezpieczania wysypisk komunalnych przed oddziaływaniem na środowisko*. Ekoinżynieria nr 8/15/, PTIE (1996)
- [7] NECHAY A., Kaźmierczuk M.: *Badanie osadów z Warszawskich Zakładów Papierniczych S.A. w Konstancinie-Jeziorna*. Instytut Ochrony Środ. w Warszawie. Warszawa (1997)
- [8] Rocznik statystyczny GUS: *Ochrona środowiska 2000*, Warszawa (2000)
- [9] SOZAŃSKI M. M., Jeż-Walkowiak J.: *Charakterystyki Reologiczne Osadów i Ich Znaczenie w Rozwiązywaniu Problemów Projektowych i Eksploatacyjnych*. Kraj. Konf. Naukowo-Techniczna. Częstochowa (1993)